



Espacenet

Bibliographic data: JP11186189 (A) — 1999-07-09

LASER IRRADIATION EQUIPMENT

Inventor(s): YAMAZAKI SHUNPEI; TANAKA KOICHIRO ±

Applicant(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB ±

Classification:

- international: B23K26/06; B23K26/073; G02B27/09; H01L21/20; H01L21/268; H01L21/336; H01L29/786; (IPC1-7): H01L21/20; H01L21/268; H01L21/336; H01L29/786

- European: B23K26/06A; B23K26/073B; B23K26/073H; G02B27/09A; G02B27/09B; H01L21/336D2B

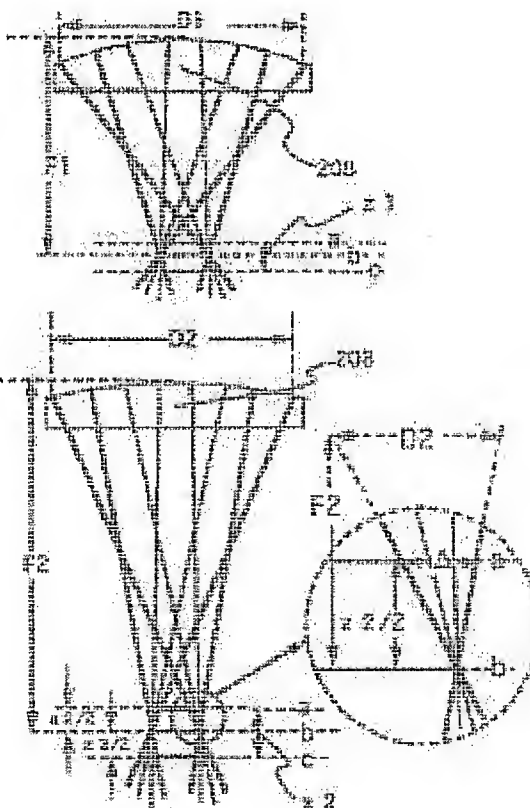
Application number: JP19970364022 19971217

Priority number(s): JP19970364022 19971217

Also published as: US6353218 (B1)

Abstract of JP11186189 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve irradiation irregularity of a laser light, by making relation of difference of height of a semiconductor film surface, changing amount of beam width to the difference of height, and pitch of moving of a substrate during oscillating period of a pulse laser of a pulse laser beam light source satisfy a condition given by a specified formula. **SOLUTION:** In a laser irradiation equipment, irradiation is performed while a semiconductor film is scanned with a line-shaped laser beam. When difference of height of the semiconductor film surface is made (r), changing amount of beam width W to the difference (r) of height is made ΔW , and pitch of moving of a substrate during oscillating period of a pulse laser of a pulse laser beam light source is made (x), a condition of $W/20 \leq \Delta W \leq W/5$ is satisfied. The size of incident area of a light in the direction perpendicular to a bus of a terminal lens is made D2, and the distance between the bus of the terminal lens and the semiconductor film is made F2. The larger a ratio of F2 to D2 is, the smaller the change of energy distribution of a laser beam in the vicinity of an irradiated surface is.



Last updated:
5.12.2011 Worldwide Database 5.7.31;
92p

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-186189

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/268

識別記号

21/20

29/786

21/336

F I

H 0 1 L 21/268

21/20

29/78

J

G

6 2 7 G

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平9-364022

(22) 出願日

平成9年(1997)12月17日

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 田中 幸一郎

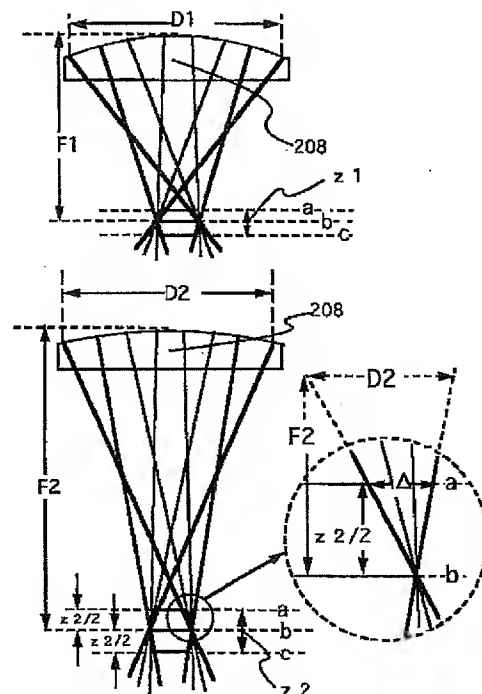
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 レーザー照射装置

(57) 【要約】

【課題】 レーザービームの焦点近傍の断面におけるエネルギー分布の変化を抑えて、面内均一性の高い結晶化された半導体膜を得る。

【解決手段】 パルスレーザービーム光源と、該光源より照射されるパルスレーザービームを縦横に複数分割した後、分割された各々のビームを線状としてから合成させて、ビーム幅Wを有する線状ビームを得る光学系と、前記線状ビームが照射される半導体膜が設けられた基板を移動させる手段とを有し、前記半導体膜に対し線状レーザービームを走査しながら照射するレーザー照射装置であって、前記半導体膜表面の高低差をr、前記ビーム幅Wの前記高低差rに対する変化量を $\Delta(r)$ 、前記パルスレーザービーム光源のパルスレーザーの発振周期の間に前記基板が移動するピッチをxとすると、 $W/20 \leq \Delta(r) \leq x \leq W/5$ 、または $\Delta(r) \leq W/20 \leq x \leq W/5$ の条件を満たす。



【特許請求の範囲】

【請求項1】パルスレーザービーム光源と、該光源より照射されるパルスレーザービームを縦横に複数分割した後、分割された各々のビームを線状としてから合成させて、ビーム幅Wを有する線状ビームを得る光学系と、前記線状ビームが照射される半導体膜が設けられた基板を移動させる手段とを有し、

前記半導体膜に対し線状レーザービームを走査しながら照射するレーザー照射装置であって、

前記半導体膜表面の高低差を r 、前記ビーム幅Wの前記高低差 r に対する変化量を $\Delta(r)$ 、前記パルスレーザービーム光源のパルスレーザーの発振周期の間に前記基板が移動するピッチを x とすると、 $W/20 \leq \Delta$

$(r) \leq x \leq W/5$ の条件を満たしていることを特徴とする半導体膜のレーザー照射装置。

【請求項2】パルスレーザービーム光源と、該光源より照射されるパルスレーザービームを縦横に複数分割した後、分割された各々のビームを線状としてから合成させて、ビーム幅Wを有する線状ビームを得る光学系と、前記線状ビームが照射される半導体膜が設けられた基板を移動させる手段とを有し、

前記半導体膜に対し線状レーザービームを走査しながら照射するレーザー照射装置であって、

前記半導体膜表面の高低差を r 、前記ビーム幅Wの前記高低差 r に対する変化量を $\Delta(r)$ 、前記パルスレーザービーム光源のパルスレーザーの発振周期の間に前記基板が移動するピッチを x とすると、

$\Delta(r) \leq W/20 \leq x \leq W/5$ の条件を満たしていることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項3】パルスレーザービーム光源と、該光源より照射されるパルスレーザービームを縦横に複数分割した後、分割された各々のビームを線状としてから合成させて、ビーム幅Wを有する線状ビームを得る光学系と、前記線状ビームが照射される半導体膜が設けられた基板を移動させる手段とを有し、

前記半導体膜に対し線状レーザービームを走査しながら照射するレーザー照射装置であって、

前記半導体膜表面の高低差を r 、前記ビーム幅をW、前記光学系の最終レンズに入射するレーザービームの、該最終レンズの母線に垂直な方向の入射範囲の大きさをD、前記最終レンズの母線と前記半導体膜との距離をF、前記パルスレーザービーム光源のパルスレーザーの発振周期の間に前記基板が移動するピッチを x とすると、 $W/20 \leq rD/2F \leq x \leq W/5$ の条件を満たしていることを特徴とする半導体膜のレーザー照射装置。

【請求項4】パルスレーザービーム光源と、該光源より照射されるパルスレーザービームを縦横に複数分割した後、分割された各々のビームを線状としてから合成させて、ビーム幅Wを有する線状ビームを得る光学系と、前記線状ビームが照射される半導体膜が設けられた基板を

移動させる手段とを有し、

前記半導体膜に対し線状レーザービームを走査しながら照射するレーザー照射装置であって、

前記半導体膜表面の高低差を r 、前記ビーム幅をW、前記光学系の最終レンズに入射するレーザービームの、該最終レンズの母線に垂直な方向の入射範囲の大きさをD、前記最終レンズの母線と前記半導体膜との距離をF、前記パルスレーザービーム光源のパルスレーザーの発振周期の間に前記基板が移動するピッチを x とすると、 $rD/2F \leq W/20 \leq x \leq W/5$ の条件を満たしていることを特徴とする半導体膜のレーザー照射装置。

【請求項5】請求項1乃至4において、 $r \leq 1000 \mu m$ であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項6】請求項1乃至4において、 $r \leq 100 \mu m$ であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項7】請求項1乃至6において、基板は、 $100 mm \times 100 mm \sim 1000 mm \times 1000 mm$ の大きさを有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項8】請求項1乃至6において、基板は、 $300 mm \times 300 mm \sim 800 mm \times 800 mm$ の大きさを有することを特徴とするレーザー照射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本明細書で開示する発明は、大面積の被照射面に対しレーザー光を高い均質性で照射することができる技術に関する。本発明は特に半導体膜のアニールに適している。

【0002】

【従来の技術】近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された非晶質半導体膜や結晶性半導体膜（単結晶でない、多結晶、微結晶等の結晶性を有する半導体膜）に対し、レーザーアニールを施して、結晶化させたり、結晶性を向上させる技術が、広く研究されている。上記半導体膜には、珪素膜がよく用いられる。

【0003】ガラス基板は、従来よく使用されてきた石英基板と比較し、安価で加工性に富んでおり、大面積基板を容易に作成できる利点を持っている。これが上記研究が行われる理由である。また、結晶化に好んでレーザーが使用されるのは、ガラス基板の融点が低いからである。レーザーは基板の温度をあまり変えずに非単結晶膜にのみ高いエネルギーを与え、結晶化させることができる。

【0004】レーザーアニールを施して形成された結晶性珪素膜は、高い移動度を有するため、この結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタ（TFT）を形成し、例えば、一枚のガラス基板上に、画素駆動用と駆動回路用のTFTを作製する、モノリシック型の液晶電気光学装置等に盛んに利用されている。該結晶性珪素膜は多くの結晶粒を有するため、多結晶珪素膜、あるいは多結晶半導体膜と呼ばれる。

【0005】また、出力の大きい、エキシマレーザー等のパルスレーザービームを、被照射面において、数cm角の四角いスポットや、数ミリ幅×数10cmの線状となるように光学系にて加工し、レーザービームを走査させて（レーザービームの照射位置を被照射面に対し相対的に移動させて）、レーザーアニールを行う方法が、量産性が良く、工業的に優れているため、好んで使用される。

【0006】特に、線状レーザービームを用いると、前後左右の走査が必要なスポット状のレーザービームを用いた場合とは異なり、線状レーザーの線方向に直角な方向だけの走査で被照射面全体にレーザー照射を行うことができるため、高い量産性が得られる。線方向に直角な方向に走査するのは、それが最も効率のよい走査方向であるからである。この高い量産性により、現在レーザーアニールには線状レーザービームを使用することが主流になりつつある。

【0007】上記線状に加工されたパルスレーザービームを走査させて、非単結晶半導体膜に対してレーザーアニールを施すに際し、いくつかの問題が生じている。

【0008】例えば、一般に、基板のうねり等により高低差のある基板上に成膜された半導体被膜の表面に対し、レーザーを照射するとき、レーザービームの焦点が局部的にずれてしまう問題がある。

【0009】上記問題のため、レーザーアニールが膜面全体に均一に為されない。例えば、レーザーアニールで線状レーザービームを用いた場合、ビームとビームの重なり部分で縞ができてしまう現象が目立ち、これらの縞の一本一本で膜の半導体特性が著しく異なっていた。

【0010】この問題は、特に大面積基板に対してレーザーを照射するときに深刻である。なぜならば、大面積基板は基板の高低差が比較的大きいからである。例えば、600×720mmの基板のうねりは100μm程度である。この数値は使用するレーザービームの特徴によっては大変大きなものとなる。

【0011】具体的にレーザービームの焦点近傍がどのような状態になっているかを以下に示す。レーザービームの焦点近傍でのレーザービームのエネルギー分布はレーザービームを形成する光学系の形態により異なった挙動をとる。

【0012】例えば、単純にレーザービームを線状に絞っただけのビームであれば、焦点のずれがビーム幅とエネルギー密度に影響する。図1(a)に記載の光学系は、単純にレーザービームを線状に絞るものである。図1において、100はレーザービーム、101、102は、レーザービーム100を線方向に拡大する系を構成するシリンドリカルレンズ、103は幅方向に集光させるシリンドリカルレンズである。

【0013】このような光学系は、単純にレーザービームを線状に絞っただけなので、一般に、被照射面104

における線状レーザービームのエネルギー均質性が悪い。このような光学系を用いるときは、線状に加工される前のレーザービームのエネルギーの均質性の非常に良いものが要求される。また、焦点のずれが被照射面におけるエネルギー密度を変化させることから、このような構成の光学系でレーザービームを形成することは好ましくない。

【0014】図1(b)の光学系は、図1(a)の光学系に凹シリンドリカルレンズ105を加えたものである。レーザービームを図1(b)の様に形成すれば、レーザービームは被照射面106近傍で平行光線であるから、そもそもレーザービームの焦点という概念がなくなる。よって、焦点がずれるといった問題はそもそも起こらない。しかしながら、線状レーザービームを形成する直前におかれているレンズを通過するレーザービームのエネルギー密度が高く、レンズの耐久性が追いつかない。よって、現状では、このような光学系は実用的でない。また、このような光学系を用いるときは、元々のレーザービーム（線状に加工される前のレーザービーム）のエネルギーの均質性が非常に良いものである必要がある。

【0015】上記の2例は、線状に加工される前の段階のレーザービームのエネルギー均質性が非常に高いものが要求される。現存のレーザー発生装置では、半導体膜をアニールするのに十分な均質性をもつものは見当たらない。よって、上記の構成は新たな技術開発を待つこととなる。

【0016】上記の2例は線状レーザービームのエネルギー分布の均質性が悪く、現状では半導体膜のアニールには適さない。次に、実際に現在使われている光学系を例に出す。

【0017】図2(a)に示した構成の光学系が形成するレーザービームは線状のレーザービームとなる。この光学系の構成はレーザービームを縦横に分割し、分割されたレーザービームの各々を線状に加工しつつ照射面で1つに合成するものである。この様にすることで線状レーザービーム内のエネルギー分布を均質化できる。

【0018】図2(a)の構成のレンズ群を介して得られる線状レーザービームの焦点（合成焦点）と、該焦点からやや離れた断面でエネルギーの分布を調べると、線状レーザービームの幅方向のエネルギー分布が図3のようになる。合成焦点から離れた断面では分割されたレーザービームが1つになりきれないので、分布は階段状になる。

【0019】図3、aが焦点直前のもの、図3、bが焦点のもの、図3、cが焦点直後のものであり、図2

(b)の破線a、b、cにそれぞれ対応している。なお、ここで言う線状レーザービームの焦点は、分割されたレーザー光が実質的に1つになる平面を指す。一般に線状レーザービームは、高いエネルギー密度を必要とす

るので、幅は1mm以下に設定されることが多い。よって、図3aと図3cのビーム形状は概略合同になる。

【0020】図3、a、cに示したようなエネルギー分布のレーザーが半導体膜に照射されると、線状レーザービームの幅方向に対する中央部分が照射されたところと、端の部分が照射されたところではアニールの効果が全く異なってくる。このようなレーザービームを使って出来るだけ様にレーザーアニールを行うために、レーザービームを幅方向に重ね合わせながら半導体膜に照射することが一般に行われている。

【0021】すなわち、端の部分が照射された半導体膜の部分のさらに上から、線状レーザービームの幅方向に対する中央部分のエネルギーが照射されるように、レーザーを重ね合わせて照射すると良かった。使用するレーザー発生装置はパルスレーザーであるエキシマレーザーであるから、線状レーザービームを半導体膜上で重ね合わせることで半導体膜全体にレーザーを照射することになる。

【0022】上記レーザービームを使用して、最も様に半導体膜全体をアニールするためには、線状レーザービームの幅Wに対しその $1/20 \sim 1/5$ 程度のピッチxで半導体膜を移動し、線状レーザービームの照射位置を重ね合わせることが重要である。すなわち、 $W/20 \leq x \leq W/5$ の条件を満たしてレーザーを照射する必要がある。

【0023】その範囲中特に、幅Wの $1/10$ 程度のピッチxで重ね合わせると特に良かった。しかしながら、このような条件でレーザー照射を行っても、依然としてビームとビームの重なる部分で縞ができてしまう現象が目立った。

【0024】図4に示すのは、この縞の状態である。図に示された基板は5インチ角のものである。5インチ角の基板で厚さ0.7mmのものの凹凸(うねり)は、 $20\mu\text{m}$ 程度であった。この縞は、レーザーアニール後の珪素膜の表面を観察すると光の反射加減によって現れる。

【0025】図4は、XeClエキシマレーザーを紙面の左右方向に延長する線状のレーザービームとし、これを紙面上から下方向に走査して照射した場合のものである。

【0026】図4の横縞は、パルスレーザーショットの重なり具合に起因するものであると理解される。

【0027】図4に示すような縞状の模様が現れてしまう珪素膜を用いて薄膜トランジスタを形成し、アクティブマトリクス型の液晶ディスプレイを作製した場合、この縞が画面の表示にそのまま出てしまう不都合が生じた。

【0028】この問題は、基板が $600 \times 720\text{mm}$ の如き大面積で厚さが0.7mmのものとすると表面の高低差が $100\mu\text{m}$ 程度と大きくなり、さらに深刻にな

る。

【0029】一般に線状レーザービームを形成する場合、その断面が長方形のビームを適当な光学系を通して線状に加工する。前記長方形のビームはアスペクト比が2から5程度であるが、例えば、図2に示した光学系により、アスペクト比100以上の線状ビームに変形される。その際、エネルギーのビーム内分布も同時に均質化されるように、上記光学系は設計されている。

【0030】図2に示す装置は、発振器201からのレーザー光(この状態では概略矩形形状を有している)を202、203、204、206、208で示す光学系を介して、線状ビームとして照射する機能を有している。なお、205はスリット、207はミラーである。

【0031】202はシリンドリカルレンズ群(多シリンドリカルレンズとも称される)と呼ばれ、ビームを多数に分割する機能を有する。この分割された多数のビームは、最終レンズであるシリンドリカルレンズ206で合成される。

【0032】この構成は、ビーム内の強度分布の均質性を改善するために必要とされる。また、シリンドリカルレンズ群203とシリンドリカルレンズ204との組み合わせも上述したシリンドリカルレンズ群202とシリンドリカルレンズ206の組み合わせと同様な機能を有する。

【0033】即ち、シリンドリカルレンズ群202とシリンドリカルレンズ206の組み合わせは、線状レーザービームの長手方向における強度分布の均質性を改善する機能を有し、シリンドリカルレンズ群203とシリンドリカルレンズ204の組み合わせは、線状レーザービームの幅方向における強度分布の均質性を改善する機能を有している。

【0034】ビーム内のエネルギー分布を均質化する役割を果たす光学系をビームホモジェナイザーと呼ぶ。図2に示した光学系もビームホモジェナイザーの1つである。エネルギー分布を一様化する方法は、元の長方形のビームを分割後、各々拡大し重ね合わせて均質化するのである。

【0035】このような光学系を介して形成された線状レーザービームの焦点近傍の断面におけるエネルギー分布は、先に図3に示した通りである。この図をみればわかるように、レーザービームの焦点前後ではエネルギーの分布に変化がみられる。この変化が、縞模様の形成を助長している。

【0036】図2に示したレンズ群の構成は、基本的なものであり、さらに他の光学系を配置してもよい。また、同様な作用をする他のレンズの一部を置換してもよい。また、上記構成を全体の一部として利用してもよい。たとえば、図2に示すシリンドリカルレンズ群202、シリンドリカルレンズ群203は凸レンズ群であるが、凹レンズ群もしくは、凹凸混合のレンズ群を用いて

もよい。

【0037】ただし、凹凸混合レンズ群に代表されるような、互いに合同でないレンズ群を使用する場合は、それらのレンズで加工される平行光線の、加工後の拡がりの角度が同じであるレンズ群で構成されなければならない。

【0038】さもなければ、分割したビームが再結合されるとき、個々のビームが異なる大きさや形で重なり合い、ビームの輪郭が不明瞭となる。

【0039】また、シリンダリカルレンズではなく、他の方法でレーザービームを分割してもよい。例えば、図10に示すように、図2記載のシリンダリカルレンズ群203とシリンダリカルレンズ204とを、ほぼ同様の作用を持つマルチフェイズプリズムに置き換えてもよい。この本光学系はレンズの群数を減らすことができるので、光量損失をおさえ、かつ、光学系の配置調整を容易にする等のメリットがある。

【0040】

【発明が解決しようとする課題】本明細書で開示する発明は、図4に示すようなレーザー光の照射ムラを改善することを課題とする。

【0041】本発明は、図3に示したレーザービームの焦点近傍の断面におけるエネルギー分布の変化を極力抑え、レーザーによる照射ムラを抑えることができる光学系の構成を提供する。

【0042】図2(a)に示した光学系の構成を基本とする光学系の最後尾に置かれた、集光のためのシリンダリカルレンズ（以下、最終レンズと呼ぶ）から照射面までのレーザービームの光路図を図2(b)に示す。図2(b)から明らかなように、複数のビームが被照射面で1つに合成されて線状ビームが形成される様子が見て取れる。被照射面が合成焦点（光学系全体の焦点）の前後にずれる、すなわち最終レンズからの距離が変化すると、複数のレーザービームが完全に1つにならないのでエネルギー分布が変化する。図2(a)中の断面a、b、cが図3のエネルギー分布a、b、cに対応している。

【0043】照射する半導体膜の高低差 r は、 $600 \times 720 \text{ mm}$ の基板を用いた場合、 $100 \mu\text{m}$ 程度ある場合が多い。これは該基板を平坦なステージの上においた場合の数値である。この場合、レーザービームの合成焦点の前後 $100 / 2 \mu\text{m} = 50 \mu\text{m}$ の範囲において、焦点のズレが半導体膜の結晶化の状態に反映されないような光学系を設計する必要がある。

【0044】基板搬送の便宜上、基板を置くステージが3点支持（基板の堅さにより4点あるいはそれ以上の方が好ましい場合もある）である方が好ましいのであるが、このようなステージの上に置かれた基板はそりが出てしまい、本来基板が持っているうねり以上に基板表面がそる。このときは、当然そのそりがあっても良好な結

晶化ができるようなレーザービームでレーザーアニールをする必要がある。3点支持のステージに $600 \times 720 \text{ mm}$ 、厚さ 0.7 mm の基板を置いた場合、該基板の表面の見かけ上の高低差は $1000 \mu\text{m}$ 程度になった。

【0045】図5に、焦点距離の異なる2つの最終レンズを示した。該2つの最終レンズを通るレーザービームの光路から、最終レンズに入射するレーザービームの、最終レンズの母線に垂直な方向の光入射範囲の大きさ D と、前記最終レンズの母線と前記半導体膜との距離 F とは、 D に対する F の比が大きければ大きいほど、照射面近傍でのレーザービームのエネルギー分布の変化が少ないことがわかる。

【0046】以下に図5を用いてその点を説明する。図5(a)(b)とにおいて、 z は合成焦点近傍のビーム断面でビーム幅が w^* である断面から、ビーム幅が W である断面を経て、再びビーム幅が w^* になる断面までの距離を表している。

【0047】 $F1/D1 \leq F2/D2$ のとき、 $z1 \leq z2$ となり、(b)のほうが合成焦点のズレに対するビーム幅の変化量が小さい。

【0048】合成焦点での線状レーザービームの幅 W は、合成焦点から $z/2$ 前後にずれたところで、 $\Delta = W - w^*$ 減少する。ここで、 $D \gg W$ であるので、 $\Delta(z) \approx (z/2) \times D/F$ と近似できる。

【0049】なお、図3に示すが、合成焦点から $z/2$ 前後にずれた領域でのビーム幅 w^* の定義は、合成焦点でのエネルギー密度と実質的に等しいエネルギー密度を持つ領域の幅とする。なお、本明細書においては、 Δ はビーム幅変化量と呼ぶ。また、 Δ を特に $\Delta(r)$ と書いたとき、高低差 r を有する半導体膜にビームを照射した時の、ビーム幅変化量を表すものとする。

【0050】

【課題を解決するための手段】上記説明のように、ビーム幅 W は、合成焦点からの距離で Δ だけ変化する。従来、レーザービームの幅に対しその1/10前後のピッチ x で線状レーザービームを重ね合わせて照射すると、レーザービームの線状の照射ムラがもつとも目立たなくなるとしていた。

【0051】しかしながら、本出願人は、ピッチ x よりも Δ が大きくなるような条件でレーザーを照射するとその均質性が著しく損なわれることが経験的に発見した。

【0052】よって、 $W/20 \leq x \leq W/5$ の条件を満たし、 $x \geq \Delta$ の条件でレーザー照射を行うと、均質なレーザーアニールを行えることを本出願人は発見した。

【0053】本明細書で開示する発明は、ビーム幅 W 、パルスレーザービーム光源の発振周期の間に被照射面が移動するピッチ（距離） x 、光学系の最終レンズに入射するレーザービームの、最終レンズの母線に垂直な方向の光入射範囲の大きさを D 、最終レンズの母線と前記半導体膜との距離 F 、照射する半導体膜の高低差 r 、に関

10

20

30

40

50

して最適な諸パラメータの組み合わせを提供し、半導体膜に対し均質なレーザーアニールを施すことを可能とするものである。

【0054】上記課題を解決するために、本明細書で開示する発明は、パルスレーザービーム光源と、該光源より照射されるパルスレーザービームを縦横に複数分割した後、分割された各々のビームを線状としてから合成させて、ビーム幅Wを有する線状ビームを得る光学系と、前記線状ビームが照射される半導体膜が設けられた基板を移動させる手段とを有し、前記半導体膜に対し線状レーザービームを走査しながら照射するレーザー照射装置であって、前記半導体膜表面の高低差をr、前記ビーム幅Wの前記高低差rに対する変化量を $\Delta(r)$ 、前記パルスレーザービーム光源のパルスレーザーの発振周期の間に前記基板が移動するピッチをxとすると、 $W/20 \leq \Delta(r) \leq x \leq W/5$ の条件を満たしていることを特徴とする半導体膜のレーザー照射装置である。

【0055】本明細書で開示する他の発明は、パルスレーザービーム光源と、該光源より照射されるパルスレーザービームを縦横に複数分割した後、分割された各々のビームを線状としてから合成させて、ビーム幅Wを有する線状ビームを得る光学系と、前記線状ビームが照射される半導体膜が設けられた基板を移動させる手段とを有し、前記半導体膜に対し線状レーザービームを走査しながら照射するレーザー照射装置であって、前記半導体膜表面の高低差をr、前記ビーム幅Wの前記高低差rに対する変化量を $\Delta(r)$ 、前記パルスレーザービーム光源のパルスレーザーの発振周期の間に前記基板が移動するピッチをxとすると、 $\Delta(r) \leq W/20 \leq x \leq W/5$ の条件を満たしていることを特徴とするレーザー照射装置である。

【0056】本明細書で開示する他の発明は、パルスレーザービーム光源と、該光源より照射されるパルスレーザービームを縦横に複数分割した後、分割された各々のビームを線状としてから合成させて、ビーム幅Wを有する線状ビームを得る光学系と、前記線状ビームが照射される半導体膜が設けられた基板を移動させる手段とを有し、前記半導体膜に対し線状レーザービームを走査しながら照射するレーザー照射装置であって、前記半導体膜表面の高低差をr、前記ビーム幅をW、前記光学系の最終レンズに入射するレーザービームの、該最終レンズの母線に垂直な方向の入射範囲の大きさをD、前記最終レンズの母線と前記半導体膜との距離をF、前記パルスレーザービーム光源のパルスレーザーの発振周期の間に前記基板が移動するピッチをxとすると、 $W/20 \leq rD/2F \leq x \leq W/5$ の条件を満たしていることを特徴とする半導体膜のレーザー照射装置である。

【0057】本明細書で開示する他の発明は、パルスレーザービーム光源と、該光源より照射されるパルスレーザービームを縦横に複数分割した後、分割された各々の

ビームを線状としてから合成させて、ビーム幅Wを有する線状ビームを得る光学系と、前記線状ビームが照射される半導体膜が設けられた基板を移動させる手段とを有し、前記半導体膜に対し線状レーザービームを走査しながら照射するレーザー照射装置であって、前記半導体膜表面の高低差をr、前記ビーム幅をW、前記光学系の最終レンズに入射するレーザービームの、該最終レンズの母線に垂直な方向の入射範囲の大きさをD、前記最終レンズの母線と前記半導体膜との距離をF、前記パルスレーザービーム光源のパルスレーザーの発振周期の間に前記基板が移動するピッチをxとすると、 $rD/2F \leq W/20 \leq x \leq W/5$ の条件を満たしていることを特徴とする半導体膜のレーザー照射装置である。

【0058】また、上記の構成は、高低差 $r \leq 1000 \mu m$ である場合において、特に有効であり、特に $r \leq 100 \mu m$ であると、その効果は著しい。

【0059】また、上記の構成において、基板はの大きさが、 $100mm \times 100mm \sim 1000mm \times 1000mm$ であると、レーザーアニールの面内均質性が効果的に向上する。特に、 $300mm \times 300mm \sim 800mm \times 800mm$ の範囲であると、均質性向上の効果は顕著に得られる。かかる大きさにおいて、基板の厚さは特に1.5mm以下のものであると、効果は顕著である。

【0060】 $W/20 \leq x \leq W/5$ の範囲の中での最適条件は、照射する半導体膜の状態（例えば膜中の水素濃度等）により変化する。よって $W/20 \leq \Delta \leq x \leq W/5$ のときは、xの選択範囲が狭くなり、十分な均質性が得られないこともある。

【0061】一方、 $\Delta \leq W/20 \leq x \leq W/5$ のときは、 $W/20 \leq x \leq W/5$ の範囲で自由にピッチxを選ぶことができるので、あらゆる半導体膜に最適条件でレーザーアニールすることができる。

【0062】例えば、 $\Delta \leq W/20 \leq x \leq W/5$ を満たしたレーザーで結晶化された半導体膜を用いて構成された薄膜トランジスタを画素のスイッチング素子として有するアクティブマトリクス型液晶ディスプレイを作製した場合、画面に目立った縞模様は見られなかった。

【0063】被照射面の高低差rを考慮に入れると、図6に示すように、 $\Delta \leq W/5$ を少なくとも満たしていると良いことが、式、 $W/20 \leq \Delta \leq x \leq W/5$ からわかる。

【0064】また、被照射面の高低差rを考慮に入れると、 $\Delta \leq W/20$ を少なくとも満たしているとさらに良いことが、式、 $\Delta \leq W/20 \leq x \leq W/5$ からわかる。

【0065】上記のビーム幅変化量 $\Delta(r)$ は、前述したように、 $\Delta(r) = (r/2) \times (D/F)$ で定義される。

【0066】なお、上記に示した条件は、半導体膜表面の高低差の中心が、線状レーザービームの焦点にあると

10

20

30

40

50

きの制限である。これ以外の状況での制限は、さらに厳しくなることがある。この位置合わせのために、ステージの位置が上下に微調整できるものであることは好ましい。

【0067】本発明により、レーザー光線を照射し半導体膜を結晶化また結晶性を向上させるに際し、半導体膜の表面が、基板の凹凸、うねり等により高低差を有していても、基板面内において均質にレーザーアニールを行うことができる。

【0068】例えば、図2に示される光学系により形成される線状レーザービーム内のエネルギー分布は、図3に示すように、該線状レーザービームの焦点（合成焦点）前後で変化する。

【0069】よって、このような線状レーザービームを、高低差のある半導体膜に対し照射すると、線状レーザービーム内のエネルギーの分布の変化が該膜にそのまま反映され、レーザーアニールが均質に行えない。

【0070】本発明では、レーザーの照射対象である半導体膜の表面の起伏の状態に合わせて、線状レーザービームの条件を得ることができ、より一様にレーザーアニールを行うことができる。

【0071】上記の構成は、縦横比があまり大きく無いレーザービームを、縦横に複数分割した後、分割された各々のビームを線状としてから合成させて、ビーム幅Wを有する線状ビームを得る光学系により加工して、縦横比が100以上あるような線状のレーザービームにビーム加工する場合に特に有効なものとなる。

【0072】本明細書に記載のレーザー照射装置を用いて半導体膜のレーザーアニールを行い、多結晶半導体膜とし、該半導体膜を用いて例えばTFT液晶ディスプレイのようなデバイスを作製すると、個々のTFTの特性のばらつきが抑えられて、高画質なものを得ることができる。

【0073】また、本発明の装置を用いて半導体集積回路を作製すると、同一基体上に形成される素子の特性をそろえることができ、高い性能を有する回路を得ることができる。

【0074】

【実施例】〔実施例1〕実施例の作製工程で、まず、レーザー照射される膜の作製方法を示す。レーザー照射される膜は、本明細書中で3種類である。いずれの膜に対しても、本発明は効果的である。

【0075】まず、3種類いずれの膜も、基板として、600×720mm、厚さ0.7mmのコーニング1737ガラス基板上に、下地膜としての酸化珪素膜を200nmの厚さに、その上に非晶質珪素膜を50nmの厚さに共にプラズマCVD法にて成膜する。この膜を今後、出発膜と呼ぶ。

【0076】（膜Aの作製手順）出発膜を、500℃の熱浴に1時間さらす。本工程は非晶質珪素膜中の水素濃

度を減らすための工程である。膜中の水素が多すぎると膜がレーザーエネルギーに対して耐えきれないので本工程が必要とされる。

【0077】膜内の水素の密度は 1.0×10^{20} atoms/cm³ オーダーが適当である。この膜を非単結晶珪素膜Aと呼ぶ。

【0078】（膜Bの作製手順）10ppmの酢酸ニッケル水溶液が、スピコート法により、出発膜上に塗布され、酢酸ニッケル層が形成される。酢酸ニッケル水溶液には、界面活性剤を添加するとより好ましい。酢酸ニッケル層は、極めて薄いので、膜状となっているとは限らないが、以後の工程において問題はない。

【0079】次に、上記のようにして各膜が積層された基板に、550℃で4時間の熱アニールを施す。すると、非晶質珪素膜が結晶化し、非単結晶珪素膜である結晶性珪素膜Bが形成される。

【0080】このとき、触媒元素であるニッケルが結晶成長の核の役割を果たし、結晶化が促進される。550℃、4時間という低温、短時間で結晶化を行うことができるのは、ニッケルの機能による。詳細については、特開平6-244104号に記載されている。

【0081】触媒元素の濃度は、 $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19}$ 原子/cm³ であると好ましい。 1×10^{19} 原子/cm³ 以上の高濃度では、結晶性珪素膜に金属的性質が現れ、半導体としての特性が消滅する。本実施例において、結晶性珪素膜中の触媒元素の濃度は、膜中における最小値で、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子/cm³ である。これらの値は、2次イオン質量分析法（SIMS）により分析、測定したものである。

【0082】（膜Cの作製手順）出発膜の上からさらに酸化珪素膜を700Åの厚さに成膜する。成膜方法はプラズマCVD法を用いる。

【0083】次に該酸化珪素膜の一部をフォトリソパターニング工程によって完全に開孔する。

【0084】さらに、該開孔部に薄い酸化膜を形成するために酸素雰囲気中でUV光を5分間照射する。この薄い酸化膜は、後に導入するニッケル水溶液に対する上記開孔部の濡れ性改善のために形成されるものである。

【0085】次に100ppmの酢酸ニッケル水溶液が、スピコート法により、該膜上に塗布され、酢酸ニッケルが上記開孔部分に入る。酢酸ニッケル水溶液には、界面活性剤を添加するとより好ましい。

【0086】次に、600℃で8時間の熱アニールが施され、ニッケル導入部分から横方向に結晶が成長してゆく。このとき、ニッケルが果たす役割は膜Bと同様のものである。今回の条件では横成長量として40μm程度が得られる。

【0087】このようにして非晶質珪素膜が結晶化し、非単結晶珪素膜である結晶性珪素膜Cが形成される。その後、結晶性珪素膜上の酸化珪素膜をバッファーフッ酸

10

20

30

40

50

を用い剥離除去する。

【0088】このようにして得られる非単結晶珪素膜A、B、Cを結晶化させる。

【0089】非単結晶珪素膜A、B、Cを有する各々の基板は、いずれも微小なうねりを有し、非単結晶半導体膜表面における高低差は約100μmであった。

【0090】次に結晶性をさらに高めるために、エキシマレーザーを用いてレーザーアニールを行う。

【0091】図7に、実施例におけるレーザー照射システムを示す。図7は、レーザー照射システムの概観である。

【0092】図7において、レーザー照射システムは、レーザー発振装置201から照射され、2対の反射ミラー701によりレーザーの進行方向を調整後、光学系702により、断面形状が線状に加工されたパルスレーザービームを、ミラー207で反射させ、最終レンズであるシリンドリカルレンズ208にて集光しつつ、被照射面を有する被処理基板704に照射させる機能を有している。2対の反射ミラー701の間には、レーザービームの広がり角を抑え、かつ、ビームの大きさを調整できるビームエキスパンダーを挿入してもよい。

【0093】光学系702、ミラー207、及び最終レンズであるシリンドリカルレンズ208は図2に示した構造に準じている。

【0094】本実施例で使用する光学系は、図2で示した構成のものを用いる。この光学系を用いるのは、光学系に入射する前のビームのエネルギー不均質を、分割後重ね合わせることで均質化しつつ、ビーム形状を線状に加工することが出来るからである。

【0095】パルスレーザー光源であるレーザー発振装置201は、ここでは、XeClエキシマレーザー（波長308nm）を発振するものを用いる。他に、KrFエキシマレーザー（波長248nm）等を用いてもよい。

【0096】被処理基板704は、平坦な上面を有する台（ステージ）705上に配置される。台705は、移動機構703によって、線状レーザービームの線方向に対して直角方向に真っ直ぐに移動され、被処理基板704上面に対しレーザービームを走査しながら照射することを可能とする。

【0097】線状レーザービームの長さは150mmなので、600×720mmの基板を一度に処理できない。よって、4回の走査を繰り返すことで基板全面をレーザーアニールする。1回の走査ごとに、台705は、ビーム長（この場合150mm）ずつ線状レーザービームの線方向にスライドする。スライドは、走査領域変更装置706により行う。

【0098】基板をスライドさせる工程を挟みつつ、この動作を4度繰り返すことで、600×720mm基板の全面にレーザーを照射する。

【0099】また、台705の高さは、線状レーザービームの焦点が半導体膜に対して適当な位置にくる様に微調整できると光学系の調整がより容易になる。

【0100】上記微調整するときは、半導体膜に実際にレーザーを1ショット打ってそのエネルギーの分布を確認しながら調整するとよい。また、エネルギー分布測定装置を台705に付けてもよい。

【0101】図7において、被処理基板704上に照射される線状レーザービームは、幅0.5mm×長さ150mmとする。本ビームは図2記載のレンズ配置で形成されている。

【0102】被照射面におけるレーザービームのエネルギー密度は、100mJ/cm²～500mJ/cm²の範囲で、例えば300mJ/cm²とする。台705を1.5mm/sで一方向に移動させながら行うことで、線状レーザービームを走査させる。レーザー光源におけるパルスレーザーの発振周波数は、本実施例では30Hzとする。

【0103】本実施例で用いるレーザー照射装置の、Dは90mm、Fは275mm、線状レーザービームのビーム幅Wは500μmである。

【0104】また、被照射面である非単結晶半導体膜は、前述のように高低差rを100μmで有している。

【0105】すると、 $\Delta(r) = rD/2F = (100 \times 90 \times 10^3) / (2 \times 275 \times 10^3) \approx 16 \mu m$ であり、 $W/5 = 100 \mu m$ 、 $W/20 = 25 \mu m$ であるので、 $\Delta(r) \leq W/20 \leq x \leq W/5$ がなりたつ。

【0106】したがって、発振周波数の発振周期の間に、被照射面（ステージ）の移動する距離であるピッチxは、 $25 \mu m \leq x \leq 100 \mu m$ の範囲から自由に選択し決定でき、かかる条件を満たしていれば、基板面内において均質なレーザーアニールが可能となる。

【0107】 $\Delta(r)$ は、ここでは光学系より計算により求めたが、実測した $\Delta(r)$ を用いてもよいことは言うまでもない。

【0108】 $\Delta(r)$ は、状況によっては、 $W/20 \leq \Delta(r) \leq x \leq W/5$ となることもある。かかる条件によっても基板面内において均質なレーザーアニールが可能である。しかし、ピッチxの範囲が狭くなる。

【0109】図8に示す装置の説明をする。図8に示す装置は、図7に示す構成のレーザー照射装置を有する、基板の連続処理を可能とする連続処理装置である。

【0110】ロード／アンロード室805に、被処理基板704が多数枚、例えば20枚収納されたカセット803が配置される。ロボットアーム805により、カセット803から一枚の基板がアライメント室に移動される。

【0111】アライメント室802には、被処理基板704とロボットアーム804との位置関係を修正するための、アライメント機構が配置されている。アライメン

ト室802は、ロード／アンロード室805と接続されている。

【0112】基板は、ロボットアーム804によって基板搬送室801に運ばれ、さらにロボットアーム804によって、レーザー照射室806に移送される。

【0113】レーザー照射室806には、図7に示す構成のレーザー照射装置が配置されている。なお、図8においては、光学系の記載は煩雑になるので省略している。レーザー照射終了後、被処理基板704はロボットアーム804によって基板搬送室802に引き戻される。

【0114】被処理基板704は、ロボットアーム804によって、ロード／アンロード室805に移送され、カセット803に収納される。

【0115】こうして、レーザーアニール工程が終了する。このようにして、上記工程を繰り返すことにより、多数の基板に対して、連続的に一枚ずつ処理できる。

【0116】本実施例によってレーザーアニールされた半導体膜は、ムラが生じることなく、基板面内において均質に結晶化された。

【0117】上記レーザーアニールされた半導体膜を活性層とするTFTを作製すると、Nチャネル型、Pチャネル型、いずれも作製できる。

【0118】また、Nチャネル型とPチャネル型とを組み合わせた構造も得ることが可能である。また、多数のTFTを集積化して電子回路を構成することもできる。

【0119】以上のことは、他の実施例で示した光学系を介してレーザーアニールされた半導体膜についてもいえる。本発明の光学系を介してレーザーアニールされた半導体膜を利用して、TFTで構成される5インチの液晶ディスプレイを作製した場合、個々のTFT特性のパラッキの少ない高画質なものが得られる。

【0120】〔実施例2〕本実施例では、実施例1にて作製した半導体膜A、B、Cを有する基板を、平坦なステージではなく、4点支持のステージに載せ、実施例1と同様に均質なレーザーアニールをする為の装置とその方法を記す。

【0121】4点支持のステージ上の600×720mm、厚さ0.7mmの基板を載せると、基板のうねりによりその表面の高低差 r は1000 μ m程度になる。。このような大きな高低差を有していても、先に示した条件をみたしていれば、高低差にほとんど影響されない、均質なアニールを行うことができる。

【0122】4点支持のステージに基板を載せるとき、ロボットアーム804が上下に動く。これにより、基板をステージに残すことができる。

【0123】本実施例では、図9記載のレーザー光学系を使用する。図9記載のレーザー光学系が作るレーザービームは実施例1と同様、ビーム幅0.5mm、ビーム長150mmのものである。よって、 $W=500\mu$ mで

ある。また、 D は60mm、 F は320mmである。

【0124】すると、 $\Delta(r) = rD/2F = (1000 \times 60 \times 10^3) / (2 \times 320 \times 10^3) \approx 94\mu$ mであり、 $W/5 = 100\mu$ m、 $W/20 = 25\mu$ mであるので、 $W/20 \leq \Delta(r) \leq x \leq W/5$ がなりたつ。

【0125】したがって、被照射面（ステージ）の移動ピッチ x は、 94μ m $\leq x \leq 100\mu$ mの範囲と限定されるが、かかる条件を満たしていれば、基板面内において均質なレーザーアニールが可能となる。

【0126】 $\Delta(r)$ は、ここでは光学系より計算により求めたが、実測した $\Delta(r)$ を用いてもよいことは言うまでもない。

【0127】この半導体膜は、実施例1で示したもののほどの均質性は持っていなかったが、例えば、該半導体膜を基に液晶ディスプレイを作製した場合、全く問題はなかった。

【0128】〔実施例3〕本実施例では、実施例1、2で示したレーザー光学系と同様の性質を持つ形状の異なる光学系を示す。本実施例では、マルチフェイズプリズムをレーザービームの幅方向の加工に使用する。

【0129】マルチフェイズプリズム1001は図10に示してある。この光学プリズムを利用するメリットはレンズ群の数を減らせることにある。レンズを1枚減らすことにより、光学系の配置調整が容易になる。また、光量損失も抑えることができる。

【0130】本実施例に示した光学系の最終レンズより先のレーザーの光路は、実施例1、2で示した光学系のもので全く同様である。よって、本実施例により得られる半導体膜の性質も、実施例1、2で示したものと同様であった。

【0131】〔実施例4〕本実施例では、実施例1～3によって得られた、結晶化された非単結晶珪素膜を利用してTFT（薄膜トランジスタ）を作製する例を示す。本実施例の工程を図11に示す。

【0132】図11において、ガラス等の基板1101上に下地膜として酸化珪素膜1102を設け、かかる基板上に実施例1～3によって得られた非単結晶珪素膜1103を形成する。（図11（A））

【0133】非単結晶珪素膜1103をパターニングすることで、TFTの島状の活性層パターン1104を形成する。この活性層パターンには、チャネル形成領域と高抵抗領域が形成される。（図11（A））。

【0134】活性層を形成後、ゲイト絶縁膜1105として酸化珪素膜をプラズマCVD法により100nmの厚さに成膜する。

【0135】次にチタン膜をスパッタ法により400nmの厚さに成膜する。そして、このチタン膜をパターニングする。さらに、陽極酸化法により、チタン膜パターンの露呈した表面に陽極酸化膜1117を200nmの厚

さで形成し、ゲイト電極1116を得る。

【0136】この陽極酸化膜はゲイト電極の表面を電気的及び物理的に保護する機能を有している。また、後の工程において、チャンネル領域に隣接してオフセット領域と称される高抵抗領域を形成するために機能する。

【0137】次に、ゲイト電極、及び、その周囲の陽極酸化膜をマスクとして燐のドーピングを行う。この燐は、ソース、ドレイン領域を決定する為のドーパントとしての役割をになう。

【0138】燐のドーピングを行うことで、ソース領域1118、チャンネル形成領域1119、ドレイン領域1110、オフセット領域1111、1112が自己整合的に形成される。リンのドーズ量は本実施例では、 $5 \times 10^{14} \text{ ions/cm}^2$ のドーズをイオンドーピング装置を用いて導入した。次にレーザーにより、燐を活性化させる。レーザーは実施例1で示した方法で照射した。これにより、基板面内において均一な活性化を行うことができた。

【0139】レーザービームのエネルギー密度は、 200 mJ/cm^2 程度とした。なお本工程における適当なエネルギー密度は、レーザーの種類や照射の方法、半導体膜の状態により異なるので、それに合わせて調整する。レーザーの照射により、ソースドレイン領域のシート抵抗は $1 \text{ K}\Omega/\square$ まで下がった。(図11(C))

【0140】次に、層間絶縁膜として、窒化珪素膜1113をプラズマCVD法によって 150 nm の厚さに成膜し、更にアクリル樹脂膜1114を成膜する。アクリル樹脂膜の膜厚は、最少の部分で 700 nm となるようにする。ここで樹脂膜を用いるのは、表面を平坦化する為である。

【0141】アクリル以外には、ポリイミド、ポリアミド、ポリイミドアミド、エポキシ等の材料を用いることができる。この樹脂膜は多層膜として構成しても良い。

【0142】次に、コンタクトホールを形成を行い、ソース電極1115、ドレイン電極1116を形成する。(図11(D))

【0143】こうして、Nチャンネル型TFTが完成する。本実施例では燐をソースドレイン領域に導入したのでNチャンネル型TFTが作製されたが、Pチャンネル型を作製するのであれば、燐に変えてボロンをドーピングすればよい。

【0144】実施例1～3によって形成された半導体膜を用いて作製されたTFTを使って、例えば、液晶ディスプレイを作製した場合、従来と比較してレーザーの加工あとが目立たないものができた。

【0145】

【発明の効果】本発明により、分割再結合によりレーザービームを均質化したレーザービームを走査して、半導体膜に対するレーザーアニールの面内均質性を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 線状レーザービームを形成するための光学系の例を示す図。

【図2】 従来例における線状レーザーを形成する光学系と光路図。

【図3】 図2の光学系の焦点近傍で形成される線状レーザービームの幅方向におけるエネルギー分布を示す図。

【図4】 線状レーザーによりレーザー結晶化された珪素の薄膜の写真。

【図5】 最終レンズの形状によるレーザー光路の違いを示す図。

【図6】 線状レーザービームの幅 W と、ビーム幅変化量 Δ と、ピッチ x の関係を示す図。

【図7】 実施例におけるレーザー照射装置を示す図。

【図8】 実施例における連続処理装置の図。

【図9】 実施例における線状レーザーを形成する光学系と光路図。

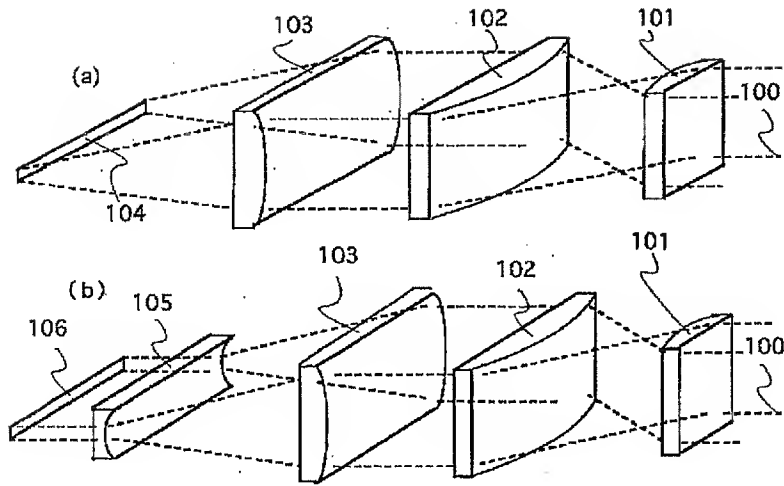
【図10】 実施例における線状レーザーを形成する光学系と光路図。

【図11】 実施例の工程を示す図。

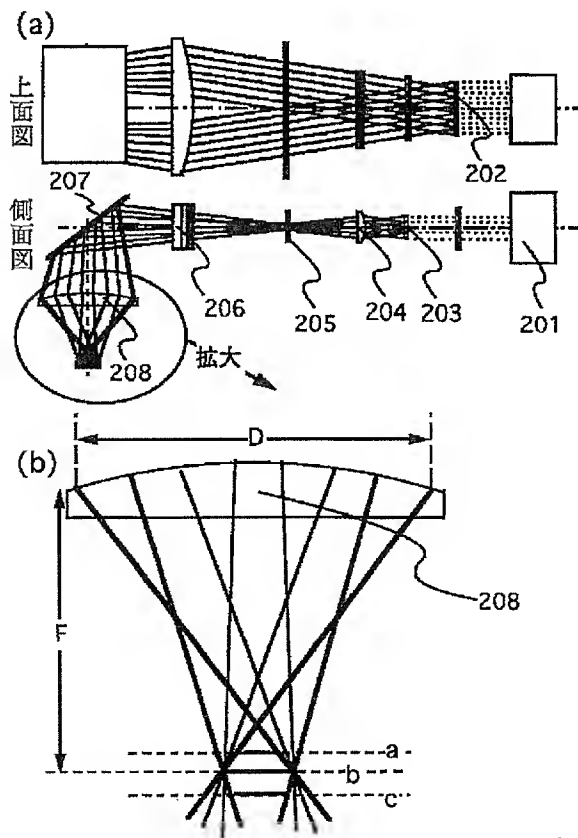
【符号の説明】

- 201 レーザー発振装置
- 202 レーザー光分割のためのシリンドリカルレンズ群
- 203 レーザー光分割のためのシリンドリカルレンズ群
- 204 レーザー光、再結合のためのシリンドリカルレンズ
- 30 205 スリット
- 206 レーザー光、再結合のためのシリンドリカルレンズ
- 207 ミラー
- 208 線状ビームを集光するためのシリンドリカルレンズ
- 701 光学系702に入射するレーザー光の方向を調整するミラー
- 702 光学系
- 703 移動機構
- 40 704 基板
- 705 台
- 706 走査領域変更装置
- 801 基板搬送室
- 802 アライメント室
- 803 カセット
- 804 ロボットアーム
- 805 ロード／アンロード室
- 806 レーザー照射室
- 1001 マルチフェイズプリズム

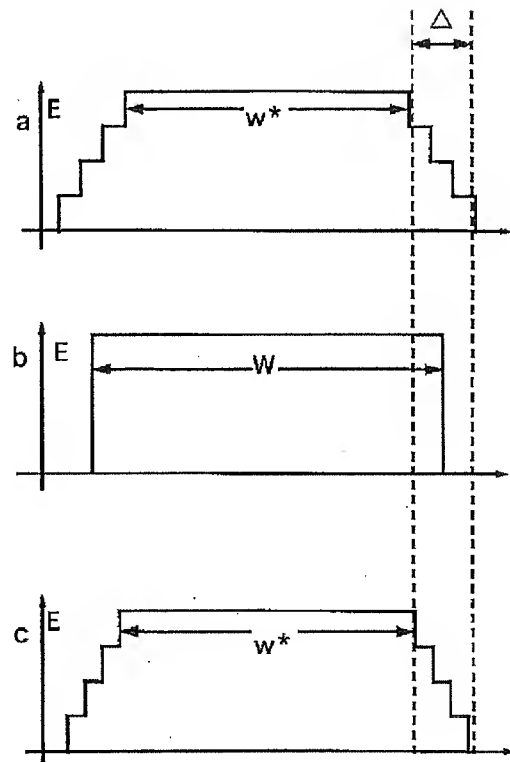
【図1】



【図2】

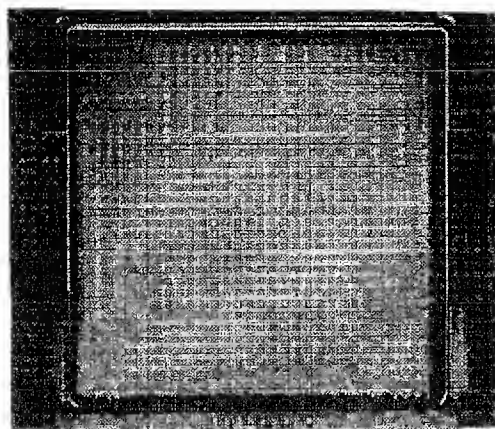


【図3】

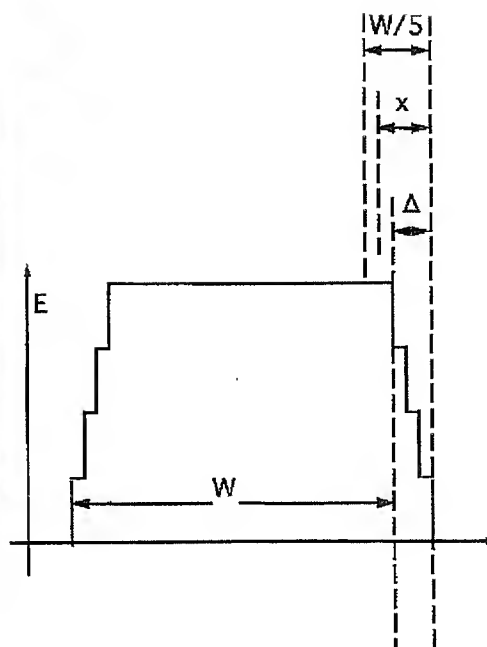


【図4】

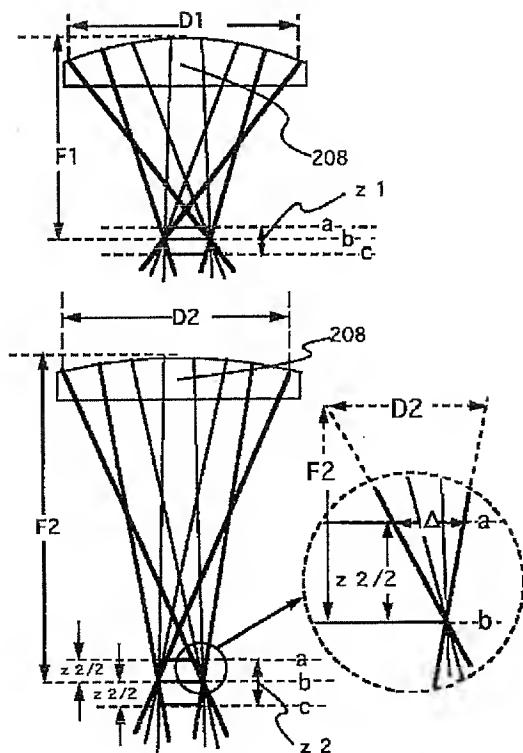
図面代用写真



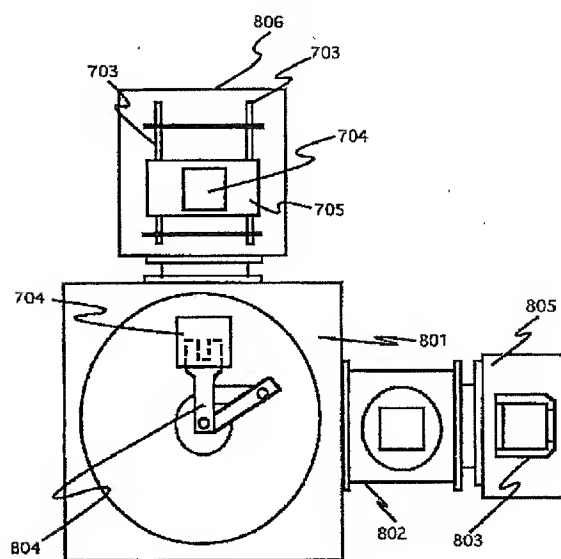
【図6】



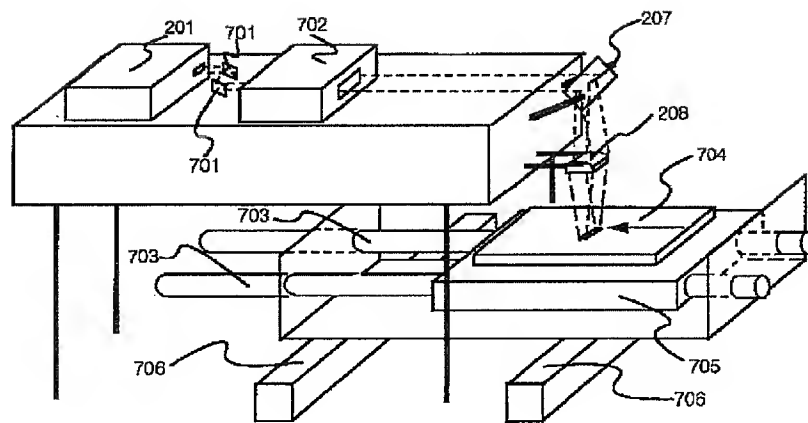
【図5】



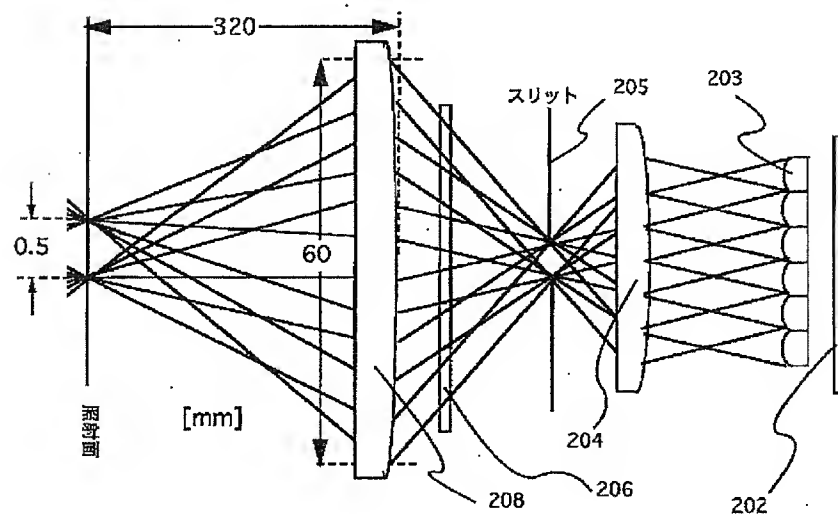
【図8】



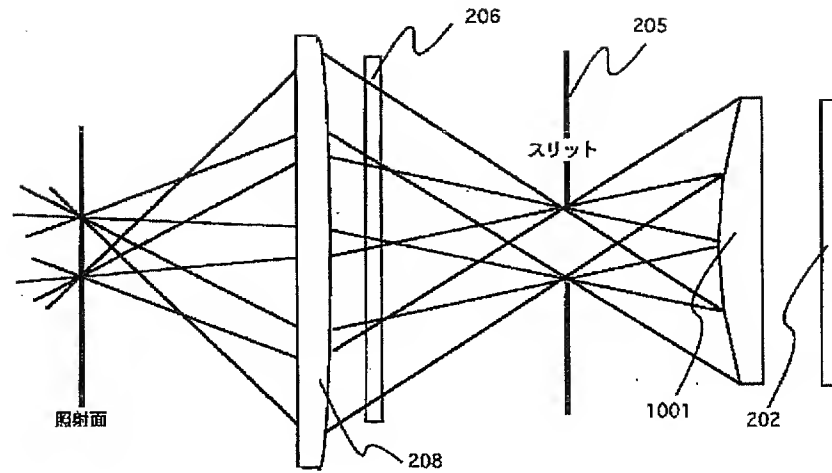
【図7】



【図9】



【図10】



【図11】

